

**Міністерство освіти і науки,
молоді та спорту України**

**Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя**

**Тернопільський осередок
Українського фізичного товариства**



**Науковий семінар,
присвячений 20-річчю
Українського фізичного товариства**

**м. Тернопіль,
24-25 листопада 2010 року**

Матеріали наукового семінару, присвяченого 20-річчю Українського фізичного товариства – Тернопіль: ТНТУ, 2011 – 34 с.

У збірнику представлені тези доповідей наукових робіт тернопільських фізиків, які є членами Українського фізичного товариства.

Організаційний комітет семінару:

Олександр Крамар,

Юрій Скоренький,

Юрій Дрогобицький.

© Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2011р.

Програма семінару

Середа, 24 листопада 2010 року

Читальний зал науково-технічної бібліотеки ТНТУ ім. І.Пулюя (3 поверх корпусу №2 ТНТУ)

15:00 - відкриття семінару, вітальне слово проректора з наукової роботи ТНТУ ім. І.Пулюя, проф. Рогатинського Р.М.

15:05 - вітальне слово голови Тернопільського осередку Українського фізичного товариства, проф. Дідуха Л.Д.

15:10 - "Наукова та просвітницька діяльність Українського фізичного товариства" - Крамар О.І. (ТНТУ ім. І. Пулюя)

15:20 - "Нобелівська премія з фізики за 2010 рік" - Скоренький Ю.Л. (ТНТУ ім. І. Пулюя)

15:35 - "Нобелівська премія з фізики за 1980 рік" - Довгоп'ятий Ю.М. (ТНТУ ім. І. Пулюя)

15:50 - "Квантові комп'ютери" - Пастух О.А. (Тернопільська філія Європейського університету)

16:05 - "Самостійна робота студентів вищих навчальних закладів з теоретичної фізики: організація та дидактичне забезпечення" - Дідора Т.Д., Мохун С.В. (ТНПУ ім. В. Гнатюка)

16:20 - "Комп'ютерне моделювання процесів гетерування" - Москаль Д.М., Герасимчук С.Ю. (Тернопільська філія Європейського університету)

16:35 - "Діалектика симетрії і асиметрії у науковому пізнанні світу" - Мацюк В.М. (ТНПУ ім. В. Гнатюка)

16:50 - "Товариство „Відродження” як освітній проект: 20-ть років від дня заснування" – Пундик А.В. (ТНТУ ім. І. Пулюя)

17:05 – обговорення доповідей

Четвер, 25 листопада 2010 року

Читальний зал науково-технічної бібліотеки ТНТУ ім. І.Пулюя (3 поверх корпусу №2 ТНТУ)

15:00 - "Експериментальне дослідження термо-ЕРС алюмінієвої матриці з введеними нанотрубками" - Нікіфоров Ю.М., Маньовська О.А. (ТНТУ ім. І. Пулюя)

15:15 - "Вплив парів спирту та диоксида азоту на провідність перехідного шару та область просторового заряду гетероструктур $\text{SnO}_2\text{-Si}$ " - Лісняк П.Г. (ТНПУ ім. В. Гнатюка), Гуль Р.В. (ТНТУ ім. І. Пулюя)

15:30 - "Вплив форми падаючого імпульсу на температурні розподіли в масивних зразках" - Дрогобицький Ю.В. (ТНПУ ім. В. Гнатюка)

15:45 - "Методика розрахунку енергетичного спектру та дослідження електричних характеристик систем з квантовими точками" – Дідух Л.Д., Скоренький Ю.Л., Крамар О.І., Дубик С.О. (ТНТУ ім. І. Пулюя)

16:00 - "Дослідження стабілізації магнітовпорядкованих фаз в системах з квантовими точками" – Дідух Л.Д., Крамар О.І., Скоренький Ю.Л. (ТНТУ ім. І. Пулюя)

16:15 – Круглий стіл. Закриття семінару.

Матеріали семінару доступні для скачування на сайті
<http://elartu.tntu.edu.ua/>

НАУКОВА ТА ПРОСВІТНИЦЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ УКРАЇНСЬКОГО ФІЗИЧНОГО ТОВАРИСТВА

Крамар О.І.

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя,
e-mail: kramar@tu.edu.te.ua

З огляду на двадцять років успішної роботи представляє інтерес ознайомитися з історією створення, структурою та основними завданнями Українського фізичного товариства (УФТ) – всеукраїнської громадської організації, яка об'єднує осіб, що працюють в галузі фундаментальної і прикладної фізики та її викладання, а також студентів фізичних спеціальностей вищих навчальних закладів. У сучасних реаліях відсутності належної уваги до науки взагалі, а фізики – зокрема, важливо сприяти створенню відповідних умов для роботи фізиків, розвитку фізичної освіти та фізичної науки і впровадженню наукових, технічно-прикладних та освітньо-методичних розробок.

Початок діяльності УФТ датований 31 січня 1990 року, коли відбувся Установчий з'їзд Товариства, і було прийнято Статут, визначено структуру та керівні органи Товариства. На даний час УФТ налічує декілька сотень активних членів, десятки діючих регіональних осередків. Зокрема, Тернопільський осередок з часу заснування очолює д.ф.-м.н., проф. Дідух Л.Д. На даний час у місцевому осередку зареєстровано 14 діючих членів Товариства, які представляють ТНТУ ім. І.Пулюя, ТНПУ ім. В.Гнатюка, ТДМУ І.Горбачеського, Тернопільську філію Європейського університету.

Основними напрямками діяльності УФТ є:

- організація наукових конференцій, симпозіумів та семінарів;
- підтримка видавничої діяльності (через участь членів УФТ у редколегіях провідних фахових видань);
- популяризація досягнень фізичної науки, формування наукового світогляду українських громадян через засоби масової інформації та науково-популярні видання;
- координація діяльності з Європейським фізичним товариством, розповсюдження інформаційно-аналітичного журналу “Europhysics News”.

У подальших планах УФТ перереєстрація всіх дійсних членів Товариства, видання членських квитків нового зразка (підписаних головою місцевого осередку), розміщення списку дійсних членів УФТ на офіційному інтернет-сайті www.ups.kiev.ua, більш активна участь в організації наукових конференцій (з наданням знижки дійсним членам УФТ при оплаті реєстраційного внеску).

НОБЕЛІВСЬКА ПРЕМІЯ З ФІЗИКИ ЗА 2010 РІК

Скоренький Ю.Л.

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя,
e-mail: skorenkyy@tstu.edu.ua

5 жовтня 2010 року Шведська королівська академія наук оголосила світу імена лауреатів нобелівської премії з фізики. Ними стали Андрій Гейм та Костянтин Новосьолов, науковці з Манчестерського університету, відзначені „за фундаментальні експерименти з двовимірним матеріалом графеном”, який їм уперше вдалося отримати і дослідити у 2004 році [1]. Графен, який є новою алотропною формою вуглецю, першим отриманим двовимірним кристалом атомарної товщини, проявляє багато унікальних властивостей [2]. Цей матеріал має найбільший модуль Юнга в розрахунку на одну атомну площину, високу еластичність, рекордні електро- та теплопровідність. Носії струму в графені мають найвищу мобільність, навіть при кімнатних температурах довжина вільного пробігу сягає мікрона. Ефективна маса носіїв рівна нулю, таким чином, для їх опису необхідно застосовувати не рівняння Шредінгера, а рівняння Дірака. З цим пов'язаний так званий парадокс Кляйна – електрони вільно проникають крізь довільні енергетичні бар'єри. Крім того, шар графену поглинає всього 2,3% падаючого світлового потоку, його прозорість можна змінювати прикладанням напруги, що відкриває перспективи створення нових гнучких та економних дисплеїв. Осадження атомів газів на графенову площину суттєво змінює її електричні властивості, це дозволяє детектувати навіть поодинокі молекули газів. У тій же статті [1], де було описано спосіб отримання графену, подано дані його електронної мікроскопії та оптичних досліджень, було показано можливість створення графенового транзистора, який мав розміри лише кілька десятків нанометрів. За роки, які минули від перших досліджень цього унікального матеріалу, було синтезовано графан (графен, вкритий молекулами водню, який є, на відміну від графену, діелектриком), двовимірні нітрид бору та дисульфід молібдену, з'явилися нові напрямки мікроелектроніки та фізики конденсованого стану. Без сумніву, дослідження А. Гейма та К. Новосьолова, нобелівських лауреатів 2010 року, відкрили нові можливості для прогресу науки та розвитку революційних технологій.

1. Novoselov K. S. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films / K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S.V. Dubonos, I.V. Grigorieva, A.A. Firsov // Science. – 2004.– Vol. 306, No. 5696. – P. 666-669.
2. Geim A. K. Graphene: status and prospects // Science.– 2009.– Vol. 324, No. 5934.– P. 1530-1534.

САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ З ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ: ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ДИДАКТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Дідора Т.Д., Мохун С.В.

Тернопільський національний педагогічний університет ім. В.Гнатюка,
e-mail: mohun_serгей@ukr.net

Організація самостійної роботи повинна активно впливати на характер навчального процесу, систематизувати роботу студента протягом всього семестру. Вона має охоплювати матеріали лекцій і семінарів, навчання навичкам конспектування, професійний та термінологічний практикум, складання опорних конспектів, письмовий контроль за проблемою, огляд літератури, виконання самостійних різнорівневих проблемних та практичних завдань.

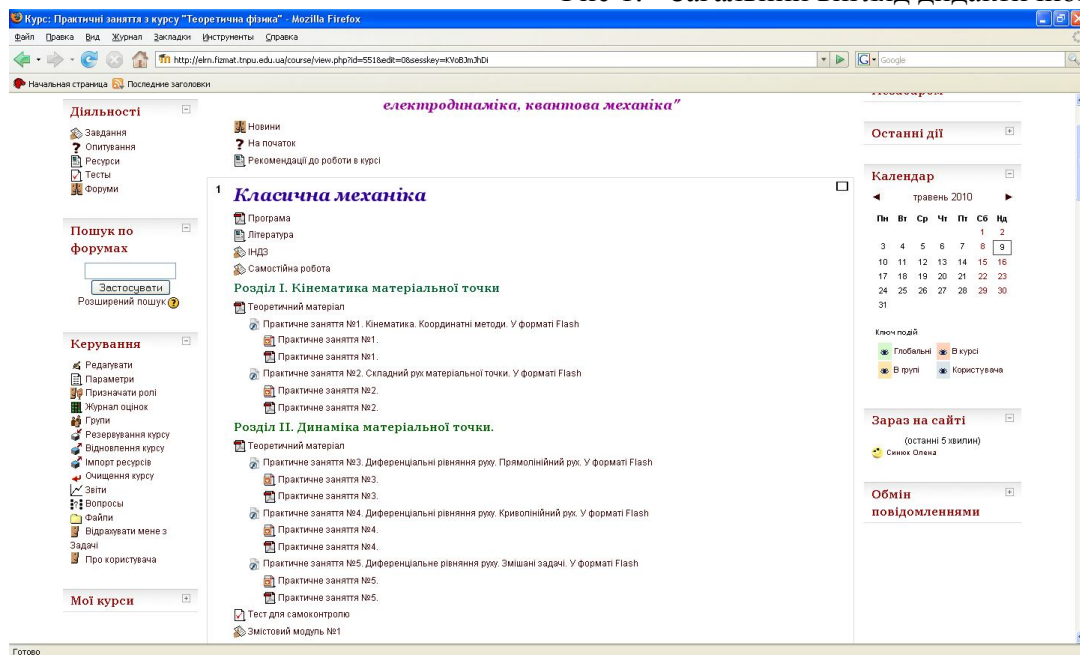
Однією з головних задач сучасної освіти є комп'ютеризація. Реалізація комп'ютеризації потенційно може сприяти підвищенню якості навчання.

Існує ціла система самостійних робіт студентів з використанням можливостей телекомунікаційних мереж. Кожну систему можна охарактеризувати, визначивши її мету, зміст і форми. Метою системи самостійних робіт, що розробляється, є розвиток пізнавальної самостійності студентів; її змістом – засвоєння навчальної програми по предмету.

Розробка методичного матеріалу для реалізації курсу «Самостійна робота студентів з теоретичної фізики» виконана за допомогою системи Moodle.

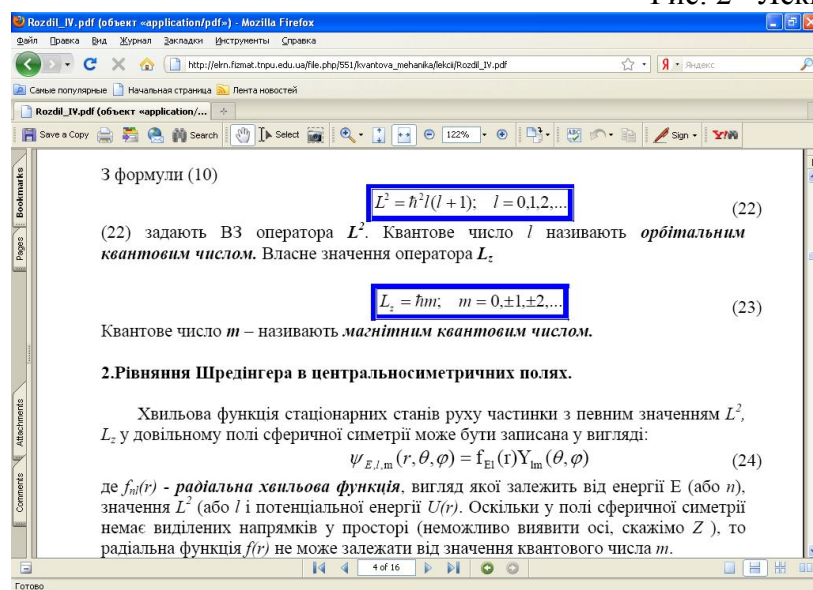
Навчальні заняття, як правило, проводяться у вигляді лекцій, консультацій, семінарів, практичних занять, лабораторних робіт, контрольних і самостійних робіт, колоквиумів. Технології проведення навчальних занять визначаються багатьма факторами. Вибір технологій визначається викладачем вузу. Проте, набір дидактичних засобів, обраних для досягнення освітньої мети, багато в чому залежить від форми навчання.

Рис 1. - Загальний вигляд дидактичного курсу



Для даного курсу лекції необхідні лише для повторення вивченого матеріалу, оскільки основне завдання спрямоване на організацію самостійної роботи студентів. Результатом останньої має стати виконання самостійних і індивідуальних завдань. Для самостійної роботи над лекційним матеріалом студенти використовують:

Рис. 2 - Лекція у форматі PDF



Всі лекції, які використовуються для повторення, розбиті на три курси відповідно до тих, що вивчаються в загальному курсі «Теоретична фізика», а саме «Класична механіка», «Електродинаміка», «Квантова механіка». Щоб переглянути певну лекцію, потрібно вибрати відповідний розділ конкретного курсу. Всі лекції розміщені у PDF форматі.

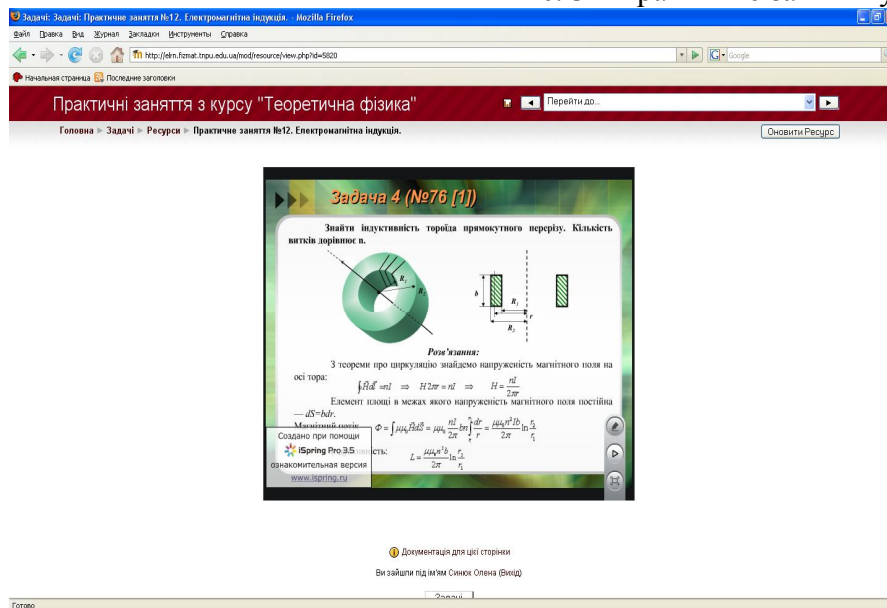
Практичні заняття призначені для поглибленого вивчення дисципліни. На цих заняттях іде осмислення теоретичного матеріалу, формується вміння переконливо формулювати власну точку зору, здобуваються навички професійної діяльності.

Форми проведення практичних занять різноманітні: розв'язування задач з фізико-математичних та природничих дисциплін, семінари, лабораторні практикуми.

Розв'язування задач є основною формою організації самостійної роботи студентів з теоретичної фізики. Даний курс передбачає ознайомлення студентів з типовими задачами, які входять до конкретної теми. Так, на кожен тему (практичне заняття) відводиться по п'ять задач, що містять повний розв'язок. В кінці заняття наведено перелік задач (умови задач), які студент повинен розв'язати самостійно. Розв'язки домашніх задач обговорюються на відповідних аудиторних практичних заняттях. Тобто кожен студент може запропонувати свій спосіб розв'язування, свої міркування тощо. Таким чином, традиційні аудиторні практичні заняття в більшій мірі опираються на самостійну роботу студентів.

Практичні заняття для дистанційного курсу розроблені у форматах Macromedia Flash, PDF та Power Point.

Рис. 3 - Практичне заняття у форматі Flash.



Для контролю якості засвоєного матеріалу курсів «Теоретична фізика. Класична механіка», «Теоретична фізика. Електродинаміка», «Теоретична фізика. Квантова механіка» розроблена система тестів, яка включає тести трьох рівнів – від найпростішого до складнішого. При побудові тестових завдань першого рівня використовувалися завдання наступних типів:

- 1) Вибір правильної відповіді серед існуючих
 - 2) Підтвердити чи заперечити певне твердження (вибір відповідей «так – ні»)
 - 3) Заповнити пропущені місця в реченні чи пропущені місця в списку.
- Основна мета – перевірка теоретичних знань. На ці питання є чотири – п'ять варіантів відповіді.

Завдання другого рівня – це задачі, які вимагають нескладних обчислень, володіння математичним та логічним апаратом. Для них також передбачено чотири варіанти відповіді. Кожна задача оцінюється у 2 бали. Кількість задач у тесті – 2.

Завдання третього рівня – складніші задачі, за кожен задачу студент отримує 3 бали, кількість задач – 1.

Тестування проводиться в кінці вивчення кожної теми.

Поточний контроль здійснюється за допомогою системи завдань, які розподілені на 6 змістових модулів (контрольних робіт) для кожного курсу. Дані роботи передбачають виконання як теоретичних, так і практичних завдань (теоретичні питання та задачі). Завдання виконуються студентами в аудиторії у визначений день у вигляді контрольної роботи. Всі змістові модулі подані у курсі, але доступ до них для студентів відкривається у день здачі відповідного модуля.

Рис. 4 - Тестові завдання в системі курсу

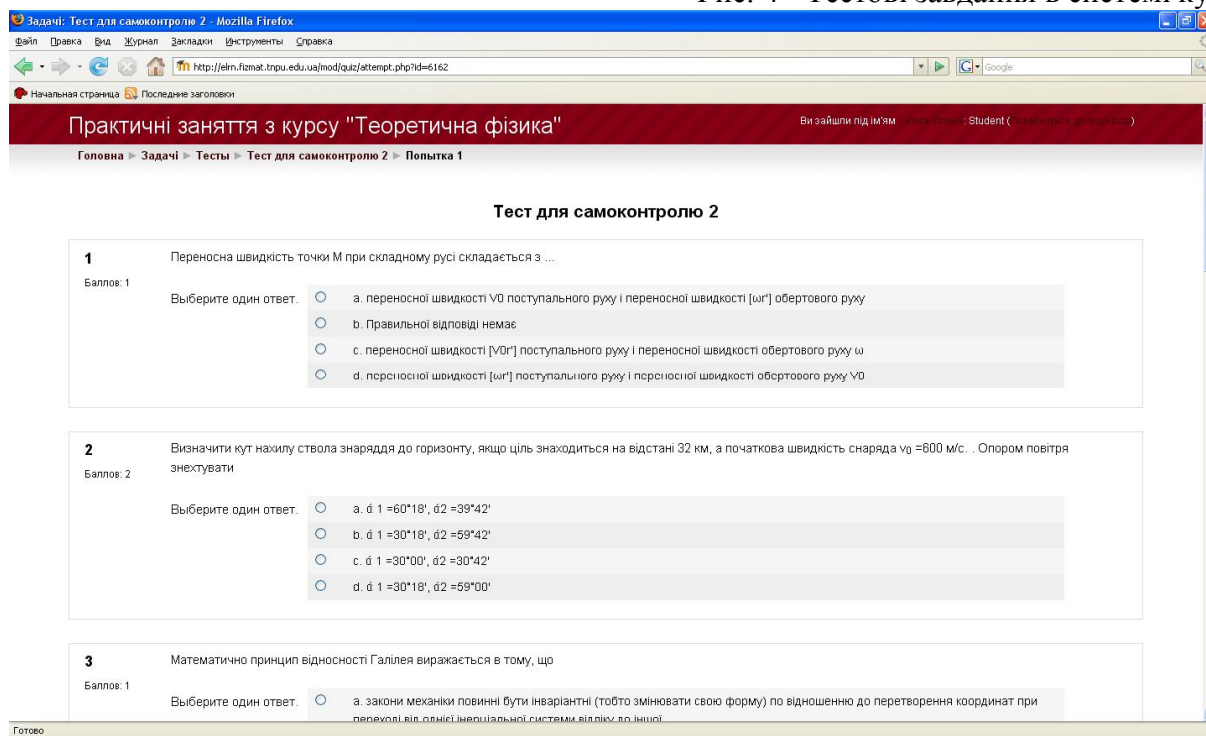
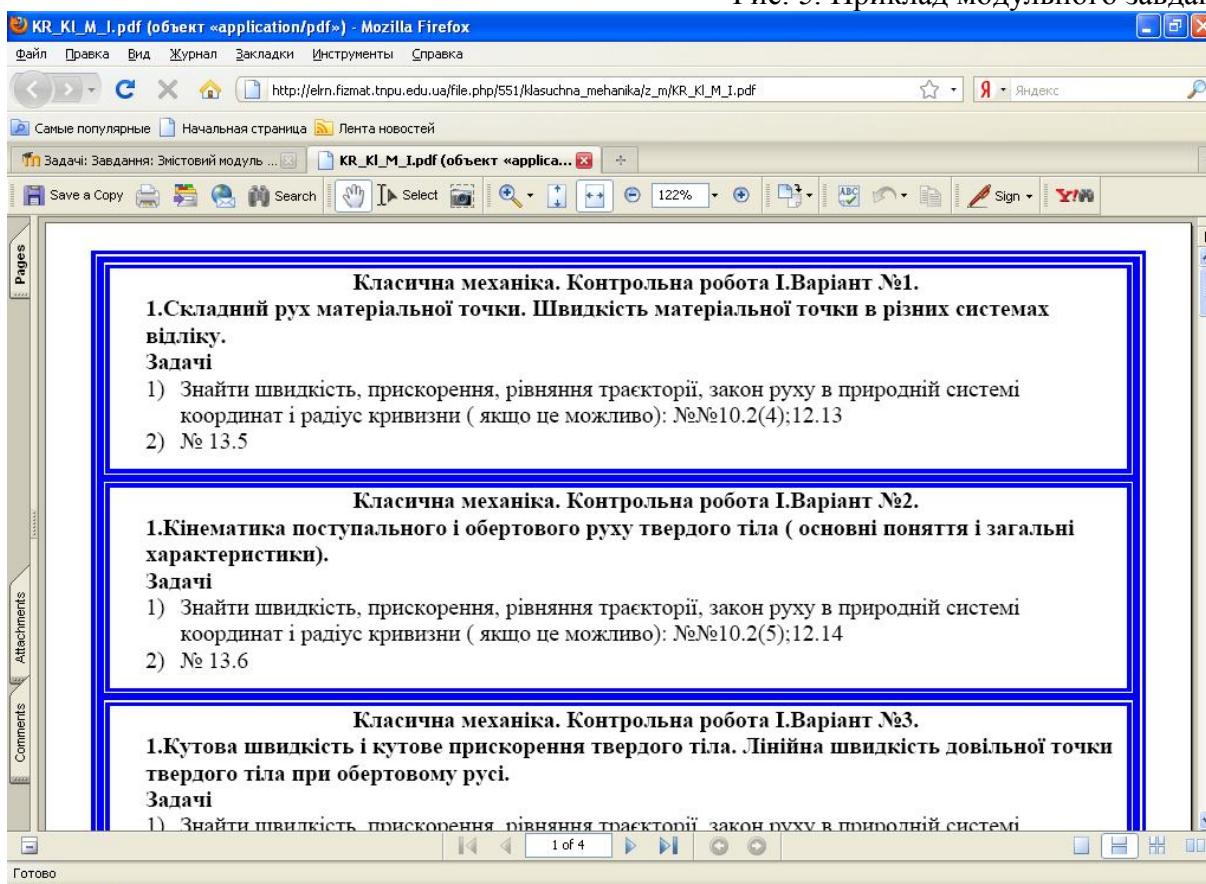


Рис. 5. Приклад модульного завдання.



Основною формою підсумкового контролю є іспит. Він складається студентами в приміщенні навчального закладу в присутності кваліфікованого викладача. Іспит проводиться за екзаменаційними білетами, затвердженими на засіданні кафедри. Кожен білет містить 2 теоретичні питання та одну задачу.

Кожен курс з теоретичної фізики передбачає 36 год. самостійної роботи та 14 год. індивідуальної роботи студентів.

Завдання для самостійної роботи:

- розв'язування задач на закріплення теоретичного матеріалу за темами;
- самостійне опрацювання теоретичного матеріалу з тем, яких не було розглянуто в процесі читання лекцій та проведення практичних занять.

Кожен студент протягом відповідного семестру повинен розв'язати і належним чином оформити індивідуальний перелік задач із збірників, які входять до основних джерел кожного курсу з теоретичної фізики.

Оформлення індивідуального навчально-дослідного завдання здійснюється шляхом комп'ютерного набору, представлення електронного варіанту розв'язку та розв'язку у друкованому вигляді.

При розробці курсу «Самостійна робота студентів» велика роль відводиться Internet-технологіям, комп'ютерному забезпеченню, що є важливим для всебічного розвитку студентів, розширення можливостей студентів в навчальному процесі. Використання Internet-технологій сприяє широкому доступу студентів до інформаційних ресурсів інших навчальних закладів, зокрема зарубіжних.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ГЕТЕРУВАННЯ

Москаль Д.М., Герасимчук С.Ю.

Тернопільська філія Європейського університету,

e-mail: stanigerasimchuk@yahoo.com

Основними проблемами, які стоять перед сучасною мікроелектронікою, є одержання напівпровідникового матеріалу з високим ступенем досконалості і збереження заданих властивостей при високотемпературних та інших технологічних обробках. Особлива увага приділяється швидкодифундуючим домішкам типу Au, Fe, Cu, які, маючи малий коефіцієнт сегрегації, приводять до виділення домішок у вигляді преципітатів, що стимулює додаткове дефектоутворення. Для запобігання неконтрольованому дефектоутворенню і перерозподілу домішок застосовуються методи гетерування [1,2]. Суть цих методів - у створенні умов для видалення домішок та дефектів з активної області кристалу і подальшим їх закріпленням у ділянках, які не є активними елементами приладу.

Ми розглянемо три типи процесів гетерування, які є актуальними для кремнію, - основного матеріалу сучасної мікроелектроніки.

1. Розглянемо домішку досить великої розчинності у вузлах ґраток кремнію, і також великим коефіцієнтом дифузії по міжвузлах. Загальновідомим прикладом цього випадку є золото. Щоб реалізувати гетерування Au, потрібно його виштовхнути з вузлів та забезпечити відповідний стік міжвузлового Au на поверхню. Це може бути забезпечено завдяки відомому kick-out (виштовхувальному) механізму з подальшою швидкою дифузією. Процес іде згідно з реакцією:



Тут друга реакція (захоплення Au вакансіями) пригнічена великою концентрацією міжвузлового кремнію саме у тій частині зразка, де відбувається міграція золота. Ми припускаємо, що в об'ємі Si пластини відсутні інші види пасток для атомів, що мігрують (за винятком вакансій). Коефіцієнт дифузії золота вищий, ніж міжвузлового Si, через це реалізується специфічний профіль розподілу домішки, яка гетерується, схожий на «імпульс, що біжить». При цьому спостерігається поступове розширення зони, очищеної від домішок [3].

На рис. 1 наведено розподіл Au і Si для трьох часів процесу, коли коефіцієнт швидкості реакції малий, та (при $t=30$ хв) коли він на порядок більший. Як видно, дифузійні оцінки товщини зони дають досить добре наближення до точно розрахованих товщин. Сформована очищена зона, розташована поблизу зворотної сторони пластини, забезпечує зростання ефективної величини L_d для носіїв заряду, незважаючи на те, що біля робочої поверхні пластини залишається деякий збагачений домішкою шар.

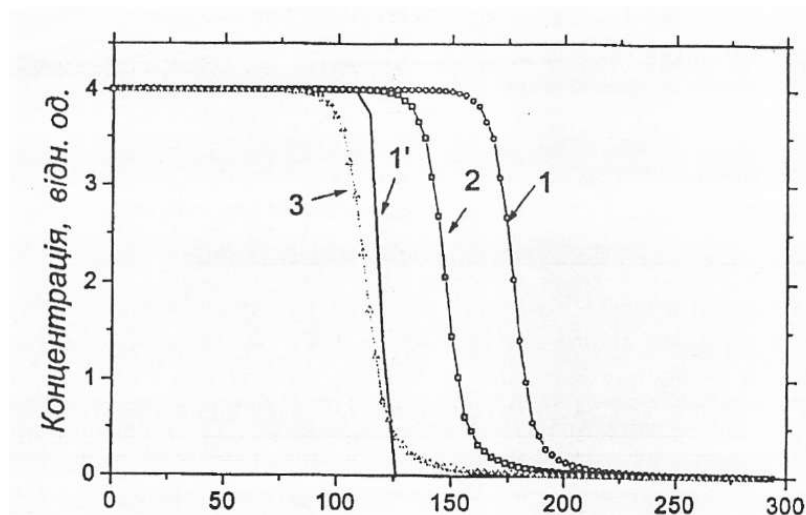


Рис. 1 - Гетерування золота. Криві 1, 1': $t=30$ хв, крива 2: $t=1$ год, крива 3: $t=2$ год. Криві 1, 2, 3 – уповільнена реакція kick-out'у. Крива 1' - прискорена реакція kick-out'у. $T=900^\circ$

2. Маємо справу з домішкою, локалізованою, в основному, у міжвузлах. Вона, як правило, має велику дифузійну рухливість, але на її міграцію міжвузловий Si ніяк не впливає. Відомим та актуальним прикладом такої домішки є залізо. Як було показано в роботі [4], двострумова (швидка та повільна) дифузія може бути реалізована для цієї домішки. Ці додаткові особливості (захоплення та вивільнення) залежать від якості та домішкового складу кремнієвої пластини. Результати розрахунків приведені на рис. 2, де зображено профілі розподілу домішки для трьох часів процесу - 5, 15, 30 хв. Довжина дифузії для цих часів дорівнює відповідно 173, 300 та 424 мкм. Таким чином, дійсно, 30 хв (без захоплення) достатньо для повного очищення пластини. У випадку захоплення / вивільнення досить велика кількість заліза залишається у пластині і після 30 хв гетерування. Тільки після одногодинного процесу спостерігається задовільне очищення.

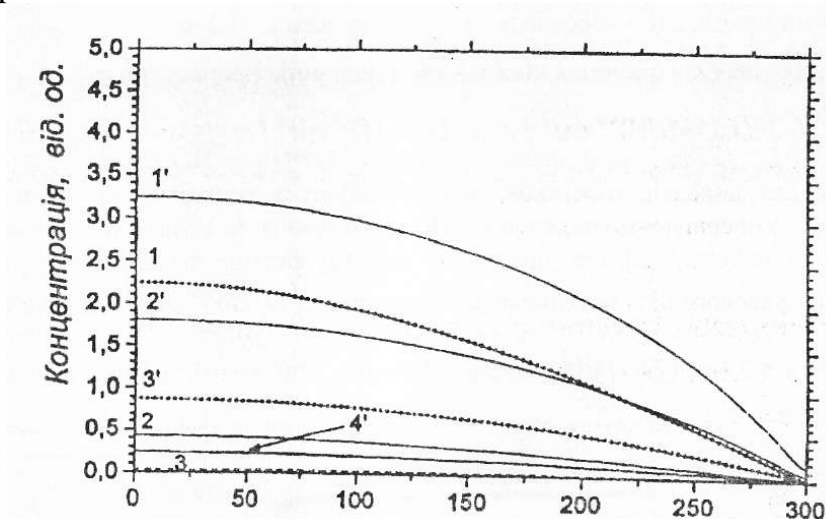


Рис. 2 - Гетерування заліза. Криві 1, 1': $t=5$ хв, криві 2, 2': $t=15$ хв, криві 3, 3': $t=30$ хв, крива 4': $t=1$ год. Криві 1, 2, 3 - випадок міжвузлової дифузії. Криві 1', 2', 3', 4' - випадок міжвузлової дифузії, яка супроводжується процесами захоплення/вивільнення. $T=900^\circ$

3. У цьому випадку ми враховуємо присутність у кремнії об'ємного гетера, створеного преципітатами SiO_2 . Таким чином, така домішка як залізо, рухаючись крізь пластину, захоплюється преципітатами. Її вивільнення можливе тільки після розпаду цих преципітатів, наприклад через взаємодію із міжвузловим кремнієм. У протилежному разі домішка залишається у зразку і буде впливати на електрофізичні параметри. У цьому (третьому) випадку знову стає важлива роль гетера як джерела міжвузлового кремнію.

На рис. 3 зображено профілі розподілу домішки Fe (як у вузлах, так і у міжвузлах) у Si пластині для 3-х різних часів гетерування – 15, 30, та 45 хв. Після 1 години процесу спостерігається повне очищення. При цьому, як і у випадку гетерування Au, спостерігається характерний профіль домішки типу «імпульсу, що біжить».

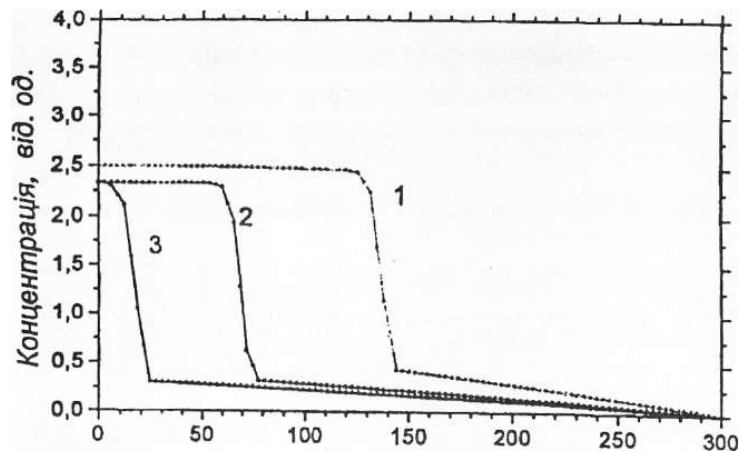


Рис. 3 - Гетерування заліза у пластині, яка містить включення SiO_2 :
1 - $t=15$ хв; 2 - $t=30$ хв; 3 - $t=45$ хв

1. Литовченко В.Г. Эффект анизотропного гетерирования в планарных структурах / В.Г. Литовченко, Б.Н. Романюк // ФТП.- 1983.- Т. 17, №1.- С. 50-53.
2. Исследование гетерационных характеристик пленок кремния, выращенных с использованием радиационных гетерных методов: (Заключительный отчет).- Тернопольский медицинский институт (руководитель темы Д.М. Москаль).- Тернополь, 1986. - 50 с.
3. Bronner C.B., Plummer J.D. // Mat. Res. Soc. Symp. Proc.- 1995.- Vol. 36.- P. 49.
4. Болтакс Б.И. Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках. - Л.: Наука, 1975. - 110 с.
5. Атомная диффузия в полупроводниках / (под ред. А.Шоу) Гл. 5. Диффузия в кремнии и германии. - М.: Мир, 1975. - С.248.

ДІАЛЕКТИКА СИМЕТРІЇ І АСИМЕТРІЇ У НАУКОВОМУ ПІЗНАННІ СВІТУ

Мацюк В.М.

Тернопільський національний педагогічний університет ім. В.Гнатюка,
e-mail: mvm27@yandex.ru

З давніх часів люди намагалися знайти досконалі форми, ідеальні рухи і небесні гармонії, які лежать в основі багатьох явищ оточуючого світу. Піфагор намагався впорядкувати фізичні явища на основі гармонічних співвідношень між цілими числами, а також пояснити рух планет за допомогою моделі, у якій планети розміщені на сферах, які здійснюють рівномірні кругові рухи. Ці ідеї пізніше розвивали Платон і багато інших природодослідників. Зараз ідея про кругові рухи небесних сфер неактуальна, однак ті види симетрії, які прийшли на зміну цим рухам, заслуговують на увагу.

Так, водневий атом володіє виродженою структурою рівнів, характерною для сферичної симетрії: еквіпотенціальними поверхнями кулонівської сили є сфери, інваріантні відносно просторових поворотів. Немає нічого неприродного в тому, що різні взаємодії можуть характеризуватися різними симетріями. Тому важливо знайти (як у випадку побудови періодичної системи) симетрію головної взаємодії, із якої виводяться якісні властивості структури рівнів. Ця проста ідея набула домінуючого значення у сучасній фізиці.

Відомо, що симетрія виділяє загальне як в об'єктах, так і в явищах. Закони збереження, діючи в різних обставинах і в різних конкретних ситуаціях, виражають те спільне для всіх ситуацій, що в результаті зв'язане із відповідними властивостями симетрії законів природи. Сучасне поняття симетрії значно ширше за поняття симетрії у звичайному геометричному розумінні. Воно не обмежується розглядом незмінності об'єктів по відношенню до геометричних перетворень.

Поняття симетрії ґрунтується на діалектиці збереження і зміни. Так, перетворення Лоренца можуть розглядатися як поворот в чотирьохвимірному континуумі. Тобто, симетрія законів природи відносно переходу із однієї інерціальної системи в іншу являє собою узагальнення симетрії по відношенню до поворотів. Варто відзначити, що поряд із симетрією фізичних законів існує і їх асиметрія. Закони природи неінваріантні відносно, наприклад, перетворень подібності. Це означає, що геометричний принцип подібності не може бути застосований до фізичних законів.

У 1918 р. німецький математик Е.Нетер довів теорему про те, що різним симетріям фізичних законів відповідають певні закони збереження. Це означає, що закон збереження енергії є наслідком однорідності часу або, іншими словами, наслідком симетрії законів природи по відношенню до перетворення у часі. Енергія, таким чином, може бути означена як фізична величина, збереження якої обумовлене вказаною симетрією.

Закон збереження імпульсу є наслідком однорідності простору або наслідком симетрії законів природи по відношенню до перенесення у просторі.

Імпульс – фізична величина, збереження якої пов'язане з однорідністю простору. Закон збереження моменту імпульсу є наслідком ізотропності простору (наслідком симетрії законів природи по відношенню до поворотів). Момент імпульсу – величина, збереження якої зв'язане з ізотропністю простору.

Важливим є те, що діалектика симетрії і асиметрії лежить в основі наукової класифікації. Адже класифікація у рівній мірі передбачає як збереження (загальність), так і зміни (відмінності) властивостей об'єктів, які класифікуються. Яскравим прикладом є періодична система елементів Д.І.Менделєєва. Вона служить ілюстрацією діалектики симетрії і асиметрії. Симетрія властивостей відповідних елементів із різних періодів поєднується з асиметрією властивостей елементів у самому періоді.

Таким чином, закони природи дозволяють передбачити явища, а принципи симетрії дозволяють передбачити закони природи. Прогрес у науковому пізнанні світу ґрунтується на пізнанні принципів симетрії. Коли мова йде про принципи симетрії, то слід мати на увазі не просто симетрію, а симетрію у діалектичному зв'язку з асиметрією. Чим більше вчені пізнають симетрію природи, тим глибше проявляється асиметрія. Процес пізнання відбувається під впливом, з одного боку, симетрії і необхідності, а з другого – асиметрії і випадковості, тобто, використовуючи діалектику симетрії - асиметрії та діалектики необхідного і випадкового.

ТОВАРИСТВО „ВІДРОДЖЕННЯ” ЯК ОСВІТНІЙ ПРОЕКТ: 20-ТЬ РОКІВ ВІД ДНЯ ЗАСНУВАННЯ

Пундик А.В.

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя,
e-mail: kaffiz@tu.edu.te.ua

Тернопільське товариство творчої молоді „Відродження” засноване міською радою Тернополя у липні 1990 року на хвилі народного ентузіазму як громадський освітньо-виховний заклад нового типу. Після деякого переосмислення, статутна мета товариства зводиться до об’єднання інтелектуальної молоді для розв’язання таких задач [1]: 1) розвиток творчих здібностей молоді з природничого, гуманітарного та технічного напрямків; 2) сприяння учнівській молоді у продовженні освіти в кращих ВНЗ України та закордоном; 3) формування у молоді громадянської позиції; 4) працевлаштування молоді. У зв’язку з тим при товаристві започаткована діяльність таких підрозділів – школа поглибленого вивчення традиційних дисциплін, клуби за інтересами, центр інформаційних технологій, бібліотека. Матеріальна база товариства створювалася в рамках спільних проектів з Міжнародним фондом „Відродження”, фондом „Сейбр-світло”, при сприянні підприємств м. Тернополя („Ватра”, комбайновий завод та інших). Приміщення для товариства було надане міською радою на умовах пільгової оренди. Першим головою Ради товариства став проф. Гром’як Р.Т., президентом товариства – доц. Коба К.О. В Раду товариства ввійшли народні депутати, науковці вузів, керівники підприємств.

Реалізуючи свої програмні цілі, товариство фактично впроваджує технологію навчання, ключовими словами якої є „інтелект” та „компетентність”. Читаються спецкурси з актуальних галузей знань (економіка, право, екологія, історія України тощо), впроваджується набуття фахових навичок з популярних на той час напрямків діяльності (журналістика, мовний переклад, програмування), ведеться спрямована підготовка креативної молоді до пошукової чи науково-дослідної роботи. Як наслідок, товариство стає в регіоні ініціатором об’єднання інтелектуальної молоді в наукові товариства. Прикладом є створення у червні 1995 року обласного відділення МАНУ. Товариство проводить перший в нашій області конкурс серед учнів з економічних знань (на базі ТІНГ у травні 1994 року). У лютому 1995 року на базі товариства проведено перший міський багатoproфільний конкурс-захист н.д.р. учнів. Вперше на Тернопіллі видано збірник наукових праць учнів – „ТТМ: пошуки та знахідки” – Тернопіль: Цвіт, 1993. – 130 с. (за редакцією Дзюби В.І.).

Поглиблене вивчення предметів у школі проводилося за авторськими програмами та авторитетними вчителями і викладачами вузів. Особлива увага приділялася вивченню англійської мови та інформатики. Якщо в питанні оволодіння мовами починали з вивчення розмовної англійської мови через спілкування з оригінальними носіями мови (школа проф. Л. Рудницького у 1991 – 1994 р.р. від Римського католицького університету), то в даний час

реалізується технологія навчання англійської мови за п'ятирівневою системою „Up stream”. Якість трьохрівневої підготовки з інформатики ілюструється багатьма перемогами вихованців товариства на республіканському етапі конкурсів-захистів н.д.р. учнів, членів МАНУ (керівник Денис А.С.). Освітня діяльність товариства підтверджена ліцензіями ОДА. Товариство стало своєрідним полігоном для підготовки до друку актуальної навчальної літератури.

Програма продовження навчання учнів у ВНЗ була реалізована на основі конкретних угод з вищими навчальними закладами м. Тернополя, де планувалася профільна довузівська підготовка та участь учнів-вихованців товариства у конкурсах (МАНУ, УМАКО „Сузір'я” та інших) з підтвердженими результатами.

Формування громадянської позиції у молоді реалізоване через участь в громадських ініціативах – екологічного характеру, громадсько-політичного характеру, в рамках діяльності власного Європейського клубу (зокрема, через участь у Європейських зустрічах християнської молоді та молодіжному фестивалі „Парад Шумана”). Представник товариства був запрошений на Перший Всеукраїнський з'їзд громадськості „Новий курс України” (м. Київ, січень 1998 р.). Підготовлено матеріали для спільної разом з Тернопільським осередком ВЕЛ доповіді на Третю Всеукраїнську конференцію екологічної громадськості (м. Київ, листопад 2002 р.).

Працевлаштування молоді реалізоване через впровадження власних проєктів (як-от, створення молодіжного центру інформаційних технологій „Нова Генерація”, керівником якого став студент Кришталовський В.), через систему підготовки до наукової діяльності (розробки на замовлення), до громадсько-політичної діяльності (підготовка лідерів) тощо.

Багато успішних молодих людей, що працюють не тільки на Тернопіллі, а й за межами України, можуть з вдячністю відзначити в своїй біографії про те, що вони в певний період навчалися при ТТМ „Відродження”: „Подаруй світло, і пільма зникне сама собою” (Еразм Роттердамський).

1. Пундик А.В. Які завдання вирішує товариство творчої молоді // Освітнянин. – 1996. – № 2-3. – С. 28.

ВПЛИВ ПАРІВ СПИРТУ ТА ДИОКСИДУ АЗОТУ НА ПРОВІДНІСТЬ ПЕРЕХІДНОГО ШАРУ ТА ОБЛАСТЬ ПРОСТОРОВОГО ЗАРЯДУ ГЕТЕРОСТРУКТУР SnO_2 -Si

Лісняк П.Г.¹, Гуль Р.В.²

¹Тернопільський національний педагогічний університет ім. В.Гнатюка,

²Тернопільський національний технічний університет імені І.Пулюя,

e-mail: RusGul@gmail.com

Сучасний рівень технічного розвитку супроводжується зростанням масштабів застосування різноманітних технологій, які в свою чергу негативно впливають на оточуюче середовище. Цей чинник визначає необхідність точного якісного та кількісного контролю параметрів різноманітних матеріалів і середовищ. Газова сенсорика невід'ємно пов'язана з даними проблемами, оскільки саме вона призначена для аналізу параметрів газоподібних сполук. Необхідність розв'язання даних проблем обумовлена тим, що невід'ємною компонентою переважної більшості технологічних процесів в матеріальному виробництві є газове середовище, а тому багато медико-біологічних результатів останнього суттєво залежать від складу газів, що використовуються. Окрім цього, склад оточуючої атмосфери принципово впливає на протікання процесів життєдіяльності в живій природі, визначаючи в окремих випадках саму можливість існування біологічних форм життя.

В даній роботі досліджувався вплив парів етилового спирту, азоту, диоксиду азоту на деякі параметри гетероструктур SnO_2 - Si. Схематичний вигляд досліджуваних гетероструктур показано на рис. 1. У якості омичних контактів використовувався алюмінієвий контакт, нанесений хімічним способом, та золотий контакт що притискувався до SnO_2 .

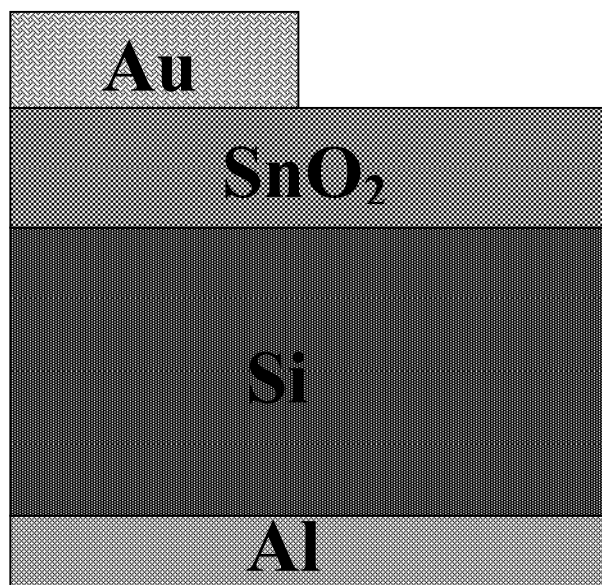


Рис. 1 - Схематичний вигляд гетероструктур

Гетероструктури з товщиною плівки диоксиду олова 20 нм поміщали в герметичну камеру, яку заповнювали азотом при кімнатній температурі та атмосферному тиску і вимірювали вольт – амперні та вольт – фарадні характеристики. По завершенні вимірювань у камеру вводилась невелика кількість спирту (в камері утворювалась його насичена пара). Після утворення суміші азоту з насиченою парою спирту знову проводились вимірювання вольт-амперних та вольт-фарадних характеристик. На рис. 2 зображено ВАХ досліджуваних структур в залежності від оточуючого середовища.

Зміна ВАХ під дією газового середовища

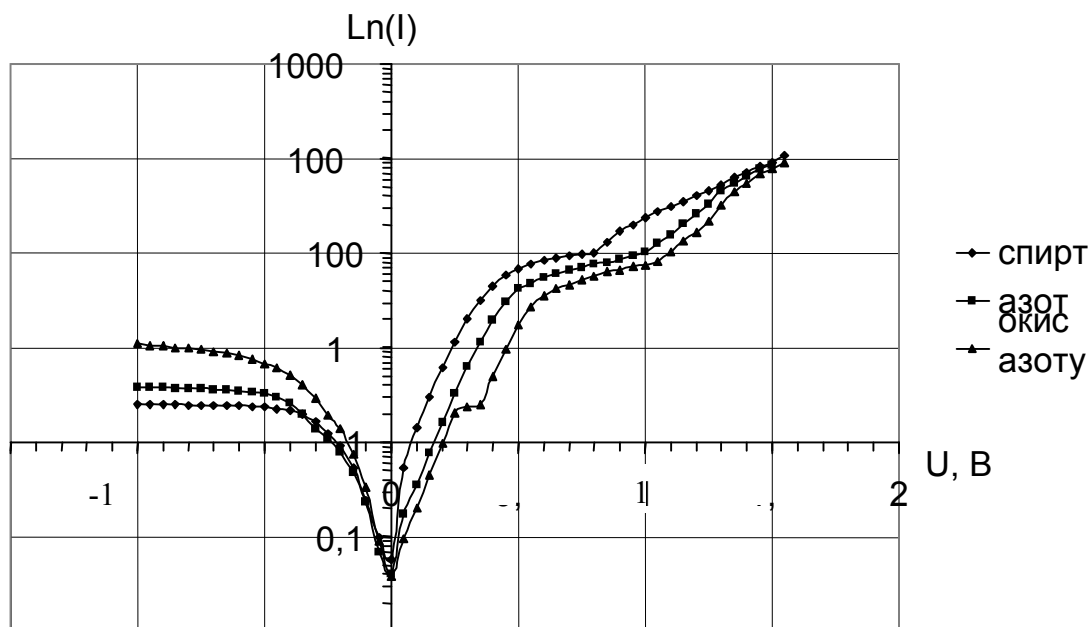


Рис. 2 - Вольт-амперні характеристики гетероструктур SnO₂

Під впливом пари спирту сила струму, що протікає через досліджувану структуру у прямому напрямі, зростає в порівнянні з силою прямого струму, що протікав через дану структуру, коли вона перебуває в атмосфері азоту. Сила зворотного струму поступово зростає і досягає насичення. Насичення зворотного струму спостерігається як в середовищі азоту, так і в середовищах парів спирту та диоксиду азоту. Проте сила зворотного струму досягала найбільших значень в диоксиді азоту і найменших в парах спирту.

При зміні оточуючого середовища також змінювався параметри нелінійності α та α^* , визначені як

$$\alpha = \frac{d \ln I}{dU}; \quad \alpha^* = \frac{d \ln I^*}{dU}$$

Також внаслідок зміни середовища змінювалась електроємність і провідність досліджуваних гетероструктур. Під дією парів спирту зменшувалась висота потенціального бар'єру. Середовище азоту на висоту потенціального бар'єру не впливало.

Домішки парів спирту, або двоокису азоту змінюють ВФХ характеристики: під дією парів спирту збільшується електроємність контактів диоксид олова – кремній, а дія двоокису азоту призводить до зменшення електроємності контакту.

ВПЛИВ ФОРМИ ПАДАЮЧОГО ІМПУЛЬСУ НА ТЕМПЕРАТУРНІ РОЗПОДІЛИ В МАСИВНИХ ЗРАЗКАХ

Дрогобицький Ю.В.

Тернопільський національний педагогічний університет ім. В.Гнатюка,
e-mail: daodrg@gmail.com

Одним із методів дослідження різноманітних властивостей твердотільних матеріалів є збудження у них нестационарних теплових процесів, з подальшим вимірюванням температурних розподілів [1, 2]. Звичайно, для збудження використовують лазерні імпульси.

При поглинанні випромінювання його енергія частково йде на нагрівання носіїв заряду і частково на генерацію електронно-діркових пар (якщо енергія кванта перевищує ширину забороненої зони). Енергетично нерівноважні носії за рахунок електрон-фононної взаємодії передають енергію коливанням кристалічної ґратки, в результаті чого і в підсистемі носіїв струму, і у фононній підсистемі виникають нестационарні теплові потоки. Нерівноважні носії струму, дифундуючи в глибину зразка, рекомбінують, викликаючи появу вторинних джерел нестационарного нагрівання. Детектований сигнал в загальному випадку формується всіма вище названими процесами, причому всі вони проявляють себе одночасно. Через те виділити вклад кожного з них досить важко.

Одним із методів дослідження є вимірювання термоелектричного відгуку на теплове збурення зразка. Вимірювання термо-ЕРС, як вихідного сигналу в фототермічних експериментах у напівпровідниках, є досить перспективним з причини своєї простоти, високої точності вимірювань, відсутності проміжних середовищ для перетворення одного виду сигналу в інший, можливості зондування температури вздовж зразка.

Для спрощення теоретичного розрахунку будемо вважати, що у досліджуваному зразку нерівноважні температури всіх квазічастинок однакові, а поглинання імпульсу енергії відбувається на поверхні. Така модель може бути реалізованою, наприклад, у напівпровідниках з *n*- або *p*-типом провідності з достатньо сильною електрон-фононною енергетичною взаємодією при щільному контакті напівпровідника з металевою плівкою, що поглинає енергію падаючого випромінювання і перетворює її в тепло.

У роботах, присвячених дослідженню температурних відгуків на поглинання імпульсного випромінювання звичайно вважають що форма падаючого теплового імпульсу є прямокутна, що на практиці реалізується дуже рідко, тому у нашій роботі ми поставили за мету дослідити залежність температурного відгуку від форми падаючого імпульсу, оскільки в реальних умовах імпульс не може мати чітко прямокутну форму, а може приймати, в загальному випадку, довільну форму.

Для спрощення аналітичних розрахунків розглядаємо напівбезмежний твердотільний зразок. Нехай на ліву поверхню однорідного зразка падає імпульсний тепловий потік. Будемо вважати, що бічні грані зразка – теплоізовані. Тоді температурне поле всередині зразка визначається з рівняння теплопровідності [3]:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \alpha \cdot \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (1)$$

де $\alpha = \kappa / (\rho \cdot c)$ – коефіцієнт температуропровідності, κ – коефіцієнт теплопровідності, ρ – густина, c – питома теплоємність. Граничні та початкові умови природно вибираємо у вигляді:

$$\begin{cases} T(x, t)|_{t=0} = T_0 \\ -x \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = f(t) \\ T(x, t) \rightarrow T_0, \text{ при } x \rightarrow \infty, \end{cases} \quad (2)$$

де T_0 – рівноважна температура, $f(t)$ – функція, що описує форму падаючого імпульсу.

Маючи на меті отримати загальний розв'язок рівняння (1) з граничними та початковими умовами (2), використовуємо операційний метод (метод перетворень Лапласа) [4]. Використовуючи звичайну схему розв'язку для операційного методу, отримаємо для зображення розв'язку:

$$u(x, p) = \frac{Q}{\kappa} \sqrt{\alpha} F(p) \cdot \frac{1}{\sqrt{p}} e^{-x \sqrt{\frac{p}{\alpha}}} \quad (3)$$

де $U(x, p)$ – зображення розв'язку, $F(p)$ – зображення функції $f(t)$. Для знаходження $T(x, t)$ потрібно знайти оригінал для функції (3). Для цього, звичайно зручно користуватися різноманітними методами теорії перетворень Лапласа. Таким чином задача розв'язана в загальному вигляді (зведена до квадратур).

У роботі розглянута схема отримання температурного розподілу. Досліджено ряд конкретних випадків (конкретні вирази для функції $f(t)$), зокрема показано, що для прямокутного імпульсу отримуємо добре відомий розв'язок. З отриманих результатів слідує, що форма кривої термоелектричного відгуку суттєво залежить від форми падаючого імпульсу. Отримані результати дозволяють за експериментально отриманим температурним розподілом визначити форму падаючого імпульсу, а також його параметри (тривалість, максимальну інтенсивність).

1. Sasaki M. Pulsed laser-induced transient thermoelectric effects in silicon crystals / M. Sasaki, H. Negishi and M. Inoue // J. Appl. Phys.- 1986.- Vol. 59.- P. 796-802.
2. Kolbachinski V.A. Valence-band changes in $\text{Sb}_{2-x}\text{In}_x\text{Te}_3$ and $\text{Sb}_2\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ by transport and Shubnikov-de Haas effect measurements / V.A. Kolbachinski et al. // Phys. Rev. B.- 1995.- Vol. 52.- P. 10915-10922.
3. Логвинов Г.Н. Разогрев образца лазерным импульсом / Г.Н. Логвинов, Ю.В. Дрогобицкий, L. N. de Rivera, Ю.Г. Гуревич // ФТТ.- 2007.- Т. 49.- с. 785-790. [G. N. Logvinov, Yu. V. Drogobitskiy, L. N. de Rivera and Yu. G. Gurevich. Heating of a Sample with a Laser Pulse // Physics of the Solid State.- 2007.- Vol. 49, No. 5.- P. 824-830.]
4. Мартыненко В.С. Операционное исчисление. – К.: Вища школа,– 1973.–268с.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СПЕКТРУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ З КВАНТОВИМИ ТОЧКАМИ

Дідух Л.Д., Скоренький Ю.Л., Крамар О.І., Дубик С.О.

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя,

e-mail: skorenkyy@tstu.edu.ua

Для опису електричних та магнітних властивостей сильнокорельованих систем з квантовими точками в роботі [1] було сформульовано нову форму узагальненої *s-d* моделі. Таке узагальнення дозволяє адекватно описати матеріали, унікальність фізичних властивостей яких зумовлена, в основному, саме наявністю вузької зони провідності, сформованої за рахунок процесів непрямого переносу через підсистему локалізованих електронних станів. До таких речовин можуть бути віднесені сполуки типу SmS, тверді розчини типу Sm_{1-x}Re_xS (Re=Ga, Yb, Gd, Nd), системи з важкими ферміонами (CeAl₃, CeCu₂Si, CeCu₆, UPt, UBe₁₃ та інші).

На відміну від стандартної форми *s-d* моделі [2] в узагальненій *s-d* моделі трансляційні параметри $t_0(ij)$, $t_2(ij)$, $t_{02}(ij)$ є інтегралами опосередкованого переносу за участю вузлів з локалізованими електронами (катіонна підсистема в сполуках перехідних металів, квантові точки тощо). Величина цих параметрів може суттєво перенормовувати стандартний „зонний” перенос $t(ij)$ і сприяти ефектам локалізації електронів чи „металізації” сполуки. Таким чином в запропонованій моделі в рамках єдиного підходу описано зонний та „гібридизаційний” перенос електронів. У зв’язку із значним перекриттям хвильових функцій електронів на вузлах, які формують зону провідності, не лише опосередкований перенос значно перенормовує зонний, але й гібридизаційна обмінна взаємодія характеризується більшим за величиною параметром (порядку t^4/Δ^3), порівняно з прямими обмінними взаємодіями.

Дослідимо більш детально вплив деформації ґратки на електричні властивості системи та делокалізацію носіїв струму. З цією метою включимо в гамільтоніан роботи [1] фононний доданок та пружну енергію ґратки, як це зроблено в роботі [3] та розглянемо систему за відсутності гібридизації зонних та локалізованих станів, але при ненульовій температурі.

$$H = -\mu \sum_{i\sigma} (c_{i\sigma}^+ c_{i\sigma} + d_{i\sigma}^+ d_{i\sigma}) + E_d \sum_{i\sigma} d_{i\sigma}^+ d_{i\sigma} + E_b(\bar{u}) \sum_{i\sigma} c_{i\sigma}^+ c_{i\sigma} +$$

$$+ U \sum_i n_{i\uparrow} n_{i\downarrow} + \sum_{\vec{q}f} \hbar \omega_f(\vec{q}) b_{\vec{q}f}^+ b_{\vec{q}f} + \frac{1}{2} N V_0 C \bar{u}^2 + H_s + H_{sd}, \quad (1)$$

де

$$H_s = \sum_{ij\sigma} t_{ij}(u) c_{i\sigma}^+ c_{j\sigma}, \quad (2)$$

$$H_{sd} = V(u) \sum_{i\sigma} (c_{i\sigma}^+ d_{i\sigma} + d_{i\sigma}^+ c_{j\sigma}), \quad (3)$$

описують зонний перенос та гібридизацію зонних і локалізованих рівнів, відповідно, $V(u) = V - gu$, V – параметр *s-d* гібридизації, g – параметр, який

описує вплив відносної деформації ґратки u на процес гібридизації, $n_{i\sigma} = d_{i\sigma}^+ d_{i\sigma}$ – число локалізованих на вузлі електронів. В цій моделі плив зовнішнього стиску враховано і для положення центру зони $E_b(\bar{u}) = W + S\bar{u}$ (тут \bar{u} – рівноважна відносна деформація ґратки) та зонного переносу $t_{ij}(\bar{u}) = t_{ij} \left(1 + \frac{BV_0}{2w} \bar{u}\right)$. W – відстань між центром зони та d -рівнем у недеформованому кристалі; U – параметр кулонівської кореляції електронів квантової точки, $2w$ – ширина незбуреної зони провідності.

Для знаходження енергетичного спектру, в рівняннях для функцій Гріна зонних та локалізованих електронів приймемо:

$$[c_{p\uparrow}; H_{sd}] = \sum_i \varepsilon_{pj} d_{j\uparrow}; \quad [d_{p\uparrow}; H_{sd}] = \sum_j \xi_{pj} c_{j\uparrow}. \quad (4)$$

Щоб замкнути систему рівнянь, приймемо, в дусі наближення середнього поля [3,4]

$$\langle\langle n_{p\downarrow} d_{p\uparrow} | d_{p'\uparrow}^+ \rangle\rangle \cong \langle n_{p\downarrow} \rangle \langle\langle d_{p\uparrow} | d_{p'\uparrow}^+ \rangle\rangle \quad (5)$$

та аналогічні замикання в рівняннях для функцій $\langle\langle c_{p\uparrow} | d_{p'\uparrow}^+ \rangle\rangle$ та $\langle\langle d_{p\uparrow} | c_{p'\uparrow}^+ \rangle\rangle$.

Таким чином, отримуємо системи рівнянь, з яких знаходимо спектр d – підсистеми

$$E_{1,2} = -\mu + \frac{E_b(u)}{2} + \frac{U \langle n_{p\downarrow} \rangle}{2} + \frac{t_{\bar{k}}(u)}{2} \mp \frac{1}{2} \sqrt{(E_d - E_b(u) + U \langle n_{p\downarrow} \rangle - t_{\bar{k}}(u))^2 + 4(V(u))^2}. \quad (4)$$

В точці переходу, де гібридизація відсутня, спектр складається з окремих d -рівнів з енергією

$$E_1 = -\mu + E_d + U \langle n_{p\downarrow} \rangle \quad (5)$$

та s -зони з енергією

$$E_2 = -\mu + E_b(u) + t_{\bar{k}}(u). \quad (6)$$

Критерій переходу метал-діелектрик при цілому значенні концентрації електронів в системі:

$$\Delta E = E_2(-w) - E_1 = 0, \quad (7)$$

звідки маємо

$$E_b(u) - E_d - U \langle n_{p\downarrow} \rangle = w(u) \quad (8)$$

Як ширина s -зони, так і положення центра зони $E_b(u)$ можуть суттєво змінюватися при прикладанні зовнішнього тиску, що відкриває перспективи створення пристроїв на основі систем з квантовими точками з контрольованими електричними властивостями.

Рівноважне значення відносної деформації ґратки знаходимо з умови мінімуму потенціалу Гіббса (за умови нехтування гібридизації локалізованих та зонних станів)

$$G = F + PV = F + NPV_0(1 + \bar{u}). \quad (9)$$

де за початок відліку енергії вибираємо рівень електронів локалізованих на квантових точках $E_d = 0$.

В наближенні середнього поля [4] маємо

$$\frac{\partial F}{\partial \bar{u}} = \left\langle \frac{\partial H}{\partial \bar{u}} \right\rangle = \frac{\partial E_b(\bar{u})}{\partial \bar{u}} \sum_{i\sigma} \langle c_{i\sigma}^+ c_{i\sigma} \rangle + \sum_{ij\sigma} \frac{\partial t_{ij}(\bar{u})}{\partial \bar{u}} \langle c_{i\sigma}^+ c_{j\sigma} \rangle + NV_0 C \bar{u}. \quad (10)$$

З умови мінімуму потенціалу Гіббса рівноважна деформація може бути виражена як

$$\bar{u} = -\frac{1}{V_0 C} \left(\frac{S}{N} \sum_{k\sigma} \langle c_{k\sigma}^+ c_{k\sigma} \rangle + \frac{BV_0}{2w} \frac{1}{N} \sum_{k\sigma} t_{\vec{k}} \langle c_{k\sigma}^+ c_{k\sigma} \rangle \right) - \frac{PV_0}{CV_0}, \quad (11)$$

де $\langle c_{k\sigma}^+ c_{k\sigma} \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} dE J^s(E) = \sum_{\vec{k}} \int_{-\infty}^{\infty} dE J_{\vec{k}}^s(E)$ визначається спектральною інтенсивністю функції Гріна $\langle\langle c_{p\uparrow} | c_{p'\uparrow}^+ \rangle\rangle_{\vec{k}}$, з „зонним” спектром

$$E_2(\vec{k}) = -\mu + E_b(\bar{u}) + t_{\vec{k}}(\bar{u}). \quad (12)$$

Хімічний потенціал визначаємо, фіксуючи концентрацію електронів в системі:

$$\frac{1}{N} \sum_i \left(\langle d_{k\sigma}^+ d_{k\sigma} \rangle + \langle c_{i\sigma}^+ c_{i\sigma} \rangle \right) = \langle n \rangle, \quad (13)$$

Рівняння для функції Гріна $\langle\langle d_{p\uparrow} | d_{p'\uparrow}^+ \rangle\rangle$ локалізованих електронів розв'язуємо, застосовуючи процедуру проектування (4)-(5).

У підсумку, енергетичний спектр складається із зони та рівнів, показаних на рис. 1.

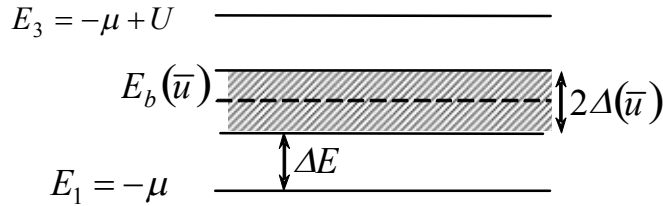


Рис. 1 – Структура енергетичного спектру моделі

Енергетична щілина ΔE у спектрі зникає за умови

$$W + S\bar{u} = w_c \left(1 + \frac{BV_0}{2w_c} \bar{u} \right). \quad (14)$$

Звідси для точки переходу маємо $\bar{u} = -\frac{W - w_c}{S - \frac{BV_0}{2}} < 0$.

Розрахунок кореляційних функцій при нульовій температурі можна провести з прямокутною модельною густиною станів. Для парамагнітного випадку отримуємо систему рівнянь для числового розрахунку рівноважного значення відносної деформації ґратки та хімічного потенціалу

$$\bar{u} = \frac{1}{CV_0} \left(\frac{S}{aw} \ln \left| \frac{e^{-b-aw} + 1}{e^{-b+aw} + 1} \right| - \frac{BV_0}{2w^2} \int_{-w}^w \frac{\varepsilon d\varepsilon}{e^{b+a\varepsilon} + 1} - pV_0 \right), \quad (15)$$

$$\langle n \rangle = -\frac{1}{aw} \ln \left| \frac{e^{-b-aw} + 1}{e^{-b+aw} + 1} \right| + 2 \left[\left(e^{\frac{-\mu}{\theta}} + 1 \right) \left(1 + \frac{1}{e^{\frac{-\mu}{\theta}} + 1} - \frac{1}{e^{\frac{-\mu+U}{\theta}} + 1} \right) \right]^{-1} \quad (16)$$

$$\text{де } a = \frac{1}{\theta} \left(1 + \frac{BV_0}{2w} \bar{u} \right); \quad b = \frac{1}{\theta} (-\mu + E_b(\bar{u})).$$

Слідуючи роботі [3], виберемо такі значення параметрів $CV_0=20$ еВ; $BV_0=-3$ еВ; $S=0,4$ еВ; $W=2,2$ еВ; $w=2$ еВ; $U=5$ еВ, та отримуємо залежності характеристик системи від зовнішніх впливів, зокрема залежності рівноважного значення деформації ґратки та хімічного потенціалу системи від температури. Залежності ширини енергетичної щілини від температури при різних значеннях

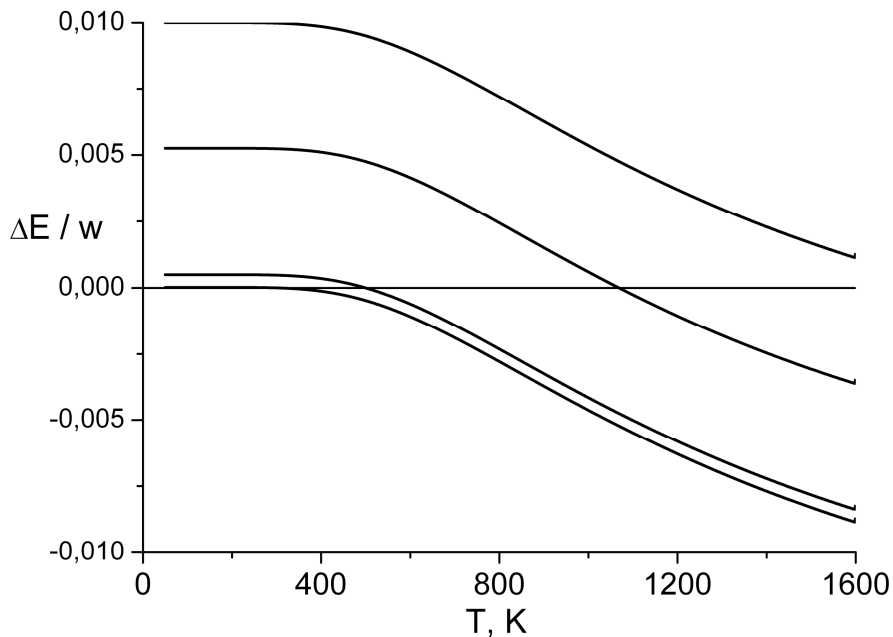


Рис. 2 – Залежність ширини енергетичної щілини від температури. Криві зверху вниз відповідають параметрам: $\frac{pV_0}{w} = 2,00; 2,05; 2,10; 2,105$.

прикладеного зовнішнього тиску показані на рис.2. Як видно із графіків, енергія активації залишається сталою у досить широкому інтервалі температур, проте починає швидко зменшуватися при температурах, вище від певної критичної, якій відповідає ініціація самотискання ґратки. Контролювати величину цього значення, а отже, і характер електричної провідності, можна за допомогою величини зовнішнього тиску та легування ґратки, яке приводить до зміни ширини зони провідності. Це відкриває перспективи створення датчиків тиску на основі ефекту індукованої зовнішнім тиском активації носіїв струму. Дані чисельного розв'язування системи рівнянь (15)-(16) дозволяють на основі умови (14) побудувати фазову діаграму (див. рис. 3) переходу метал-діелектрик в матеріалі з квантовими точками. Зниження критичної температури із прикладанням тиску є практично лінійним (до певного порогового значення, при якому відбувається різкий перехід у металічний стан), що може дозволити будувати прецизійні прилади із лінійною шкалою.

Таким чином, електричні властивості систем із квантовими точками можуть бути суттєвим чином модифіковані шляхом легування матриці або

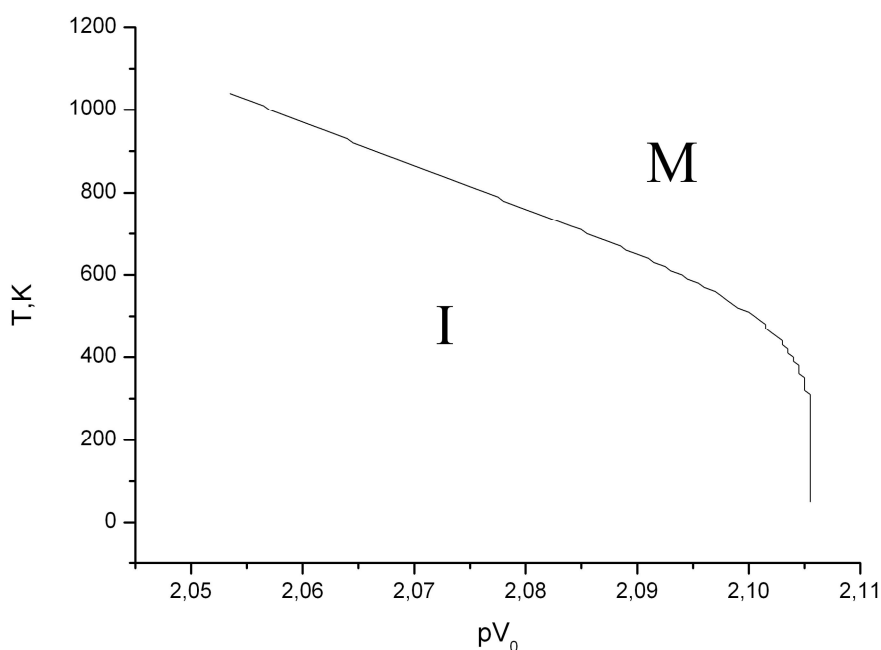


Рис. 3 – Фазова діаграма переходу метал-діелектрик в моделі

прикладання зовнішнього тиску. Запропонована процедура розрахунку енергетичного спектру та рівноважного значення відносної деформації ґратки дозволяє пояснити зміни електричних властивостей під дією зовнішніх впливів та прогнозувати нові фізичні ефекти у перспективних матеріалах.

1. Дідух Л.Д. Ефективний гамільтоніан періодичної моделі Андерсона для опису систем з квантовими точками / Л.Д. Дідух, О.І. Крамар, Ю.Л. Скоренький, Ю.М. Довгоп'ятий, Ю.В. Дрогобицький // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2010. – Т.15, № 4. – С. 168-177.
2. Ирхин В.Ю., Ирхин Ю.П. Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты в *d*- и *f*-металлах и их соединениях. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 472 с.
3. Григорчук Р.А. Электрон-деформационное взаимодействие и сжатие решетки в кристаллах, описываемых моделью Хаббарда / Р.А. Григорчук, И.В. Стасюк // Укр. физ. журн.- 1980.- Т. 25, № 3.- С. 404-410.
4. Amadon J.C. Metallic ferromagnetism in a single-band model: effect of band filling and Coulomb interactions / J.C. Amadon, J.E. Hirsch // Phys. Rev. B.- 1996.- vol. 54, No.9.- P.6364-6375.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ МАГНІТОВПОРЯДКОВАНИХ ФАЗ В СИСТЕМАХ З КВАНТОВИМИ ТОЧКАМИ

Дідух Л.Д., Крамар О.І., Скоренький Ю.Л.

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя,
e-mail: kramar@tu.edu.te.ua

Магнітні властивості вузькозонних матеріалів (типу сполук перехідних і рідкоземельних металів, перспективних матеріалів з квантовими точками) не описуються полярною моделлю [1], яка враховує лише пряме перекриття хвильових функцій магнітоактивних електронів; прямі переходи між „магнітними” іонами, між якими знаходиться немагнітний, надто слабкі для стабілізації того або іншого типу магнітного впорядкування. Таким чином, виникає питання про механізми магнітного впорядкування в сполуках розглядуваного класу. З цією проблемою тісно пов’язана й інша – про механізм переносу заряду в „магнітній” підсистемі: експеримент вказує на важливість врахування носіїв струму в d -підсистемі, а також на взаємозв’язок магнітних і електричних властивостей.

При розгляді питань теорії магнітних і електричних властивостей вузькозонних матеріалів використовується, в основному, два підходи [2]. В роботах першого напрямку розгляд ведеться на основі $s-d(s-f)$ – обмінної моделі. Однак, ця модель у застосуванні до оксидів і сульфідів перехідних металів має ряд недоліків. По-перше, теорія обмінних взаємодій, які стабілізують магнітні впорядкування, не може бути розглянута послідовним чином, оскільки не враховуються одноелектронні переходи між d - і s -підсистемами. По-друге, наявність носіїв струму пов’язується лише з немагнітною підсистемою. Крім того, зона провідності зазвичай описується блохівським гамільтоніаном, в той час як у реальних випадках зона – вузька.

В роботах другого напрямку виходять із гамільтоніану Габбарда (полярна модель), який описує d -підсистему із врахуванням можливості прямого переносу заряду магнітоактивними електронами, однак не беруть до уваги немагнітну підсистему. Такий підхід має суттєвий недолік, оскільки не дає задовільного опису обмінних взаємодій; в силу причин, зазначених вище, опис електричних властивостей сполук з металічним типом провідності або таких, в яких відбувається перехід діелектрик-метал, може бути цілком виправданий з цієї точки зору.

У даній роботі аналізуються питання опису обмінних взаємодій між локалізованими магнітними моментами, розділеними настільки, що прямими переходами можна знехтувати [3]. Розглянуто модель магнітовпорядкованої системи з квантовими точками, в якій „магнітні вузли” m розділені „немагнітними” n (подібна ситуація спостерігається, наприклад, у сполуці MnO). Проведено узагальнення отриманого [4] ефективного гамільтоніану доданком, який описує спін-спіновий зв’язок між магнітними іонами. Варто відзначити, що гібридизаційна частина ефективного гамільтоніану враховує прямий та непрямий (реалізується через немагнітну підсистему) обмін у магнетику з квантовими точками. Важливо також, що остаточна форма

ефективного гамільтоніану при нехтуванні p - d -обміном по формі повністю еквівалентна ефективному гамільтоніану полярної моделі і, таким чином, є виправданим застосування останньої до широкого класу сполук. Наш результат можна розглядати також і як узагальнення s - d -обмінної моделі за рахунок непрямого d - d -переносу.

На основі запропонованого ефективного гамільтоніану проаналізовано можливі механізми непрямого обміну в моделі матеріалу з квантовими точками. Показано, що той або інший тип магнітного впорядкування в локалізованій d -підсистемі стабілізується, в основному, за рахунок непрямих (викликаних гібридизаційною взаємодією) обмінних взаємодій та, можливо, за рахунок трансляційного механізму обміну у s -підсистемі. У частковому випадку сильної кулонівської кореляції отримано температурні залежності намагніченості, розраховано температури феромагнітного фазового переходу при різних енергетичних параметрах системи в моделі з андерсон-габбардівськими центрами. Варто відзначити, що хоча механізм феромагнетизму викликаний ефективною обмінною взаємодією, температура Кюрі формально пропорційна ширині зони провідності.

1. Didukh L. A modified form of the polar model of crystals // Condens. Matter Phys. – 1998. – Vol. 1. – № 1 (13). – P. 125–144.
2. Нагаев Э.Л. Физика магнитных полупроводников. М.: Наука.– 1979.– 431с.
3. Дидух Л.Д. Простая модель электрических и магнитных свойств магнитных полупроводников / Л.Д. Дидух, В.Д. Дидух, И.В. Стасюк // Укр. физ. журн. – 1975. – Т.20. – № 1. – С. 97–102.
4. Дідух Л.Д. Ефективний гамільтоніан періодичної моделі Андерсона для опису систем з квантовими точками / Л.Д. Дідух, О.І. Крамар, Ю.Л. Скоренький, Ю.М. Довгоп'ятий, Ю.В. Дрогобицький // Вісник Тернопільського національного технічного університету.– 2010. – Т.15, № 4.– С. 168-177.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМО-ЕРС АЛЮМІНІЄВОЇ МАТРИЦІ З ВВЕДЕНИМИ НАНОТРУБКАМИ.

Нікіфоров Ю.М., Маньовська О.А.

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя,
e-mail: manjovska@gmail.com

Швидкий розвиток нанотехнологій вимагає глибокого дослідження методів отримання структур з вуглецевими нанотрубками та вивчення їх властивостей. Одним із методів отримання таких структур є внесення вуглецевих нанотрубок в металеву матрицю за допомогою лазера в режимі модульованої добротності. Внаслідок взаємодії лазерного випромінювання з матеріалами спостерігається зміни властивостей матеріалів, зокрема теплофізичних і електричних.

Раніше нами було виявлено ефект підвищення термоелектронної емісії з поверхні алюмінію із імплантованими нанотрубками, що, ймовірно, пов'язано із наявністю в нанотрубках резонансних рівнів. Останнє також проявляється в експериментах по дослідженню температурного ходу термо-ЕРС.

Термо-ЕРС структур з внесеними нанотрубками є малодослідженою областю. Відомо [1], що проведено експерименти структури і термо-ЕРС вуглецевого депозита, отриманого в плазмі електричної дуги. В роботі [2], представлено результати розрахунків температурної залежності коефіцієнта термо-ЕРС графіта і напівметалевих нанотрубок. Також досліджувались термо-ЕРС і термоопір нановуглецевого матеріалу, що містить багатостінні вуглецеві нанотрубки [3].

Представляє інтерес експериментальне визначення термо-ЕРС алюмінієвої матриці з імплантованими нанотрубками. Досліджуваний зразок представляв собою алюмінієву підкладку із введенними нанотрубками шляхом опромінення наносекундним лазерним імпульсом. Вимірювання проводились на установці для визначення мікротермо-ЕРС відносно нікеліна, виготовленій канд. фіз.-мат. наук Медведем А.Г. Значення величини термо-ЕРС знімались на цифровому вольтметрі В7-21А.

Для порівняльного аналізу нами було обрано три області: неопромінена, опромінена та область з введенними нанотрубками. Як показали результати, величина термо-ЕРС досягає у неопроміненій області 9-11 мкВ/К , в опроміненій області алюмінієвої матриці 10-11 мкВ/К , а у області з імплантованими нанотрубками 12-15 мкВ/К . Як показали наші експерименти, незважаючи на неоднорідність розподілу нанотрубок в матриці спостерігається досить вузька дисперсія значень коефіцієнта термо-ЕРС по опромінених областях.

Із результатів нашого дослідження видно, що відмінність у концентрації та структурі вуглецевих нанотрубок відіграє роль у числовому значенні коефіцієнта термо-ЕРС. Коефіцієнт термо-ЕРС в опроміненій алюмінії в режимі генерації ударних хвиль відрізняється від його значення в неопроміненій алюмінії.

Таким чином, нами було проаналізовано причини відмінностей в величині та знаку термо-ЕРС. Встановлено, що важливу роль у величині коефіцієнта термо-ЕРС відграють неоднорідності розподілу нанотрубок у матриці та зміна концентрації нанотрубок.

1. Золотухин И.В. Структура и термо-ЭДС нанотрубного углеродного депозита, полученного в плазме электрического разряда / И.В. Золотухин, И.М. Голев, Е.К. Белоногов, В.П. Иевлев, Д.А. Держнев, А.Е. Маркова // Письма в ЖТФ. — 2003. — Т. 29, вып. 23. — С. 84.
2. Мавринський А.В. Термoeлектродвижущая сила углеродных нанотрубок / А.В. Мавринський, Е.М. Байтингер // Физика и техника полупроводников. — 2009. — Т. 43, вып. 4. — С. 501.
3. Овсієнко І.В. Термо-ЕРС вуглецевого наноматеріалу, що містить багатостінні вуглецеві нанотрубки. / І.В. Овсієнко, Т.А. Лень, Л.Ю. Мацуй // Вісник Київського національного університету. Серія: фізико-математичні науки.- 2009.- Т.1.- С. 263-266.

АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК

Герасимчук С.Ю.	12
Гуль Р.В.	19
Дідора Т.Д.	7
Дідух Л.Д.	24, 29
Дрогобицький Ю.В.	22
Дубик С.О.	24
Крамар О.І.	5, 24, 29
Лісняк П.Г	19
Маньовська О.А.	31
Мацюк В.М.	15
Москаль Д.М.	12
Мохун С.В.	7
Нікіфоров Ю.М.	31
Пундик А.В.	17
Скоренький Ю.Л.	6, 24, 29

ЗМІСТ

ПРОГРАМА СЕМІНАРУ	3
Крамар О.І. НАУКОВА ТА ПРОСВІТНИЦЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ УКРАЇНСЬКОГО ФІЗИЧНОГО ТОВАРИСТВА	5
Скоренький Ю.Л. НОБЕЛІВСЬКА ПРЕМІЯ З ФІЗИКИ ЗА 2010 РІК	6
Дідора Т.Д., Мохун С.В. САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ З ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ: ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ДИДАКТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	7
Москаль Д.М., Герасимчук С.Ю. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ГЕТЕРУВАННЯ	12
Мацюк В.М. ДІАЛЕКТИКА СИМЕТРІЇ І АСИМЕТРІЇ У НАУКОВОМУ ПІЗНАННІ СВІТУ	15
Пундик А.В. ТОВАРИСТВО „ВІДРОДЖЕННЯ” ЯК ОСВІТНІЙ ПРОЕКТ: 20-ТЬ РОКІВ ВІД ДНЯ ЗАСНУВАННЯ	17
Лісняк П.Г., Гуль Р.В. ВПЛИВ ПАРІВ СПИРТУ ТА ДИОКСИДУ АЗОТУ НА ПРОВІДНІСТЬ ПЕРЕХІДНОГО ШАРУ ТА ОБЛАСТЬ ПРОСТОРОВОГО ЗАРЯДУ ГЕТЕРОСТРУКТУР $\text{SnO}_2\text{-Si}$	19
Дрогобицький Ю.В. ВПЛИВ ФОРМИ ПАДАЮЧОГО ІМПУЛЬСУ НА ТЕМПЕРАТУРНІ РОЗПОДІЛИ В МАСИВНИХ ЗРАЗКАХ	22
Дідух Л.Д., Скоренький Ю.Л., Крамар О.І., Дубик С.О. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СПЕКТРУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ З КВАНТОВИМИ ТОЧКАМИ	24
Дідух Л.Д., Крамар О.І., Скоренький Ю.Л. ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ МАГНІТОВПОРЯДКОВАНИХ ФАЗ В СИСТЕМАХ З КВАНТОВИМИ ТОЧКАМИ	29
Нікіфоров Ю.М., Маньовська О.А. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМО-ЕРС АЛЮМІНІЄВОЇ МАТРИЦІ З ВВЕДЕНИМИ НАНОТРУБКАМИ	31
АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК	33